

FOCAL POINT DETECTING METHOD

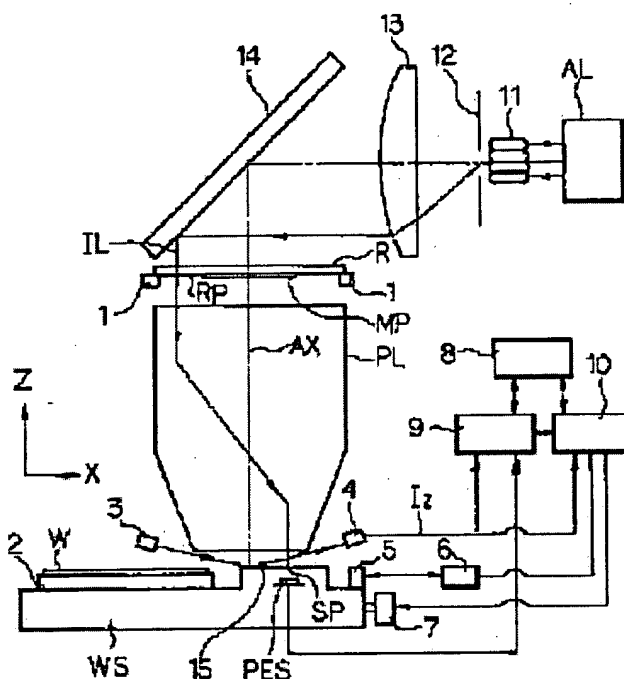
Patent number: JP8083753
Publication date: 1996-03-26
Inventor: TANIGUCHI TETSUO
Applicant: NIKON CORP
Classification:
- international: H01L21/027; G02B7/28; G03B13/36; G03F7/207
- european:
Application number: JP19940218549 19940913
Priority number(s):

Also published as:

 US5650840 (A1)**Abstract of JP8083753**

PURPOSE: To detect the focal point of a projection optical system at a high throughput with high accuracy.

CONSTITUTION: While a sensor pattern SP provided on a wafer stage WS as the light receiving section of a photoelectric sensor PES is moved in both the direction of the optical axis AX of a projection optical system PL and X-direction which is perpendicular to the optical axis AX of the optical system PL, illuminating light IL is made to form the image of a reticle pattern RP provided on a reticle (R) on the sensor pattern SP through the optical system PL and the light transmitted through the sensor pattern SP is received by means of the photoelectric sensor PES. Then the focal point of the optical system PL is detected from the intensity of the transmitted light.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-83753

(43) 公開日 平成8年(1996)3月26日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/027

G 0 2 B 7/28

G 0 3 B 13/36

H 0 1 L 21/30

5 2 6 B

G 0 2 B 7/11

M

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全10頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-218549

(22) 出願日 平成6年(1994)9月13日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 谷口 哲夫

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

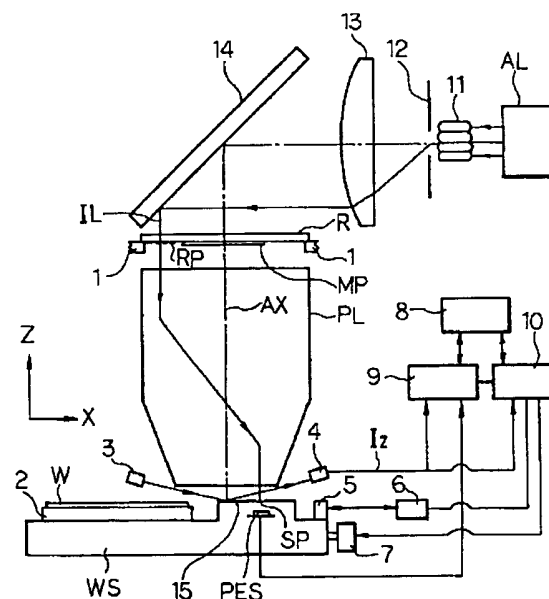
(74) 代理人 弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 焦点検出方法

(57) 【要約】

【目的】 投影光学系の焦点位置を高スループットで且つ高精度に検出する。

【構成】 光電センサPESの受光部としてウェハステージWS上に設けたセンサパターンSPを投影光学系PLの光軸AX方向と同時に投影光学系PLの光軸AXに垂直なX方向に移動させながら、露光用の照明光ILによりレチクル(R)上に設けたレチクルパターンRPの像を投影光学系PLを介して、センサパターンSP上に結像させ、センサパターンSPを通過する透過光を光電センサPESで受光し、その透過光の強度から焦点位置を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1面上のパターンの像を第2面上に投影する投影光学系の焦点位置の検出方法において、前記第1面又は第2面の一方の面側に配置された検出用パターンと、前記第1面又は第2面の他方の面側に配置され、所定形状の受光部を有する光電検出手段と、を用い、

前記検出用パターンを照明し、

前記検出用パターンと前記光電検出手段の受光部とを前記投影光学系の光軸に平行に相対移動させると同時に、前記検出用パターンと前記光電検出手段の受光部とを前記光軸に垂直な方向に相対移動させて、前記検出用パターンの結像光束を前記受光部が横切るときの前記光電検出手段の検出信号を取り込み、

該取り込まれた検出信号に基づいて前記投影光学系の焦点位置を求めることを特徴とする焦点検出方法。

【請求項2】 前記検出用パターン又は前記光電検出手段の受光部の何れか一方を前記光軸に平行に移動させると同時に他方を前記光軸と垂直な方向に移動させることを特徴とする請求項1記載の焦点検出方法。

【請求項3】 前記検出用パターンは、所定方向に配列された1個又は複数のスリット状のパターンからなり、前記光電検出手段の受光部は、前記所定方向に対応する方向に直交する方向に伸びたエッジを有することを特徴とする請求項1又は2記載の焦点検出方法。

【請求項4】 前記投影光学系は、照明光学系により照明されたマスクパターンの像を感光基板上に投影するために使用され、前記検出用パターンを前記マスクパターン側に配置し、前記照明光学系により前記検出用パターンを照明することを特徴とする請求項1、2又は3記載の焦点検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、投影光学系の焦点検出方法に関し、特に半導体集積回路あるいは液晶パネル等の製造に用いられる投影露光装置に装着される投影光学系の焦点位置を検出する際に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】従来、例えば半導体集積回路あるいは液晶パネル等の製造に用いられる投影露光装置では、投影光学系の結像位置（焦点位置）に厳密に感光基板を合わせる必要性があり、このためマスクパターンを光電センサにて受光し、その検出信号に基づいて結像位置を求める方法が種々提案されている。

【0003】これらの方法には、大きく分けて2通りの方法がある。第1の方法について、図9を参照して説明する。図9は、従来の結像位置の検出方法の一例を示すもので、図9(a)は投影露光装置の概略構成図、図9(b)は光電検出手段からの出力信号の波形を示してい

る。図9(a)に示すように、マスクとしてのレチクルR1上の光透過部を持つパターン（レチクルパターン）RPAが不図示の照明系からの照明光束IL1で照明され、そのパターンRPAの像が投影光学系PL1を介して感光基板が載置されるウエハステージWS1上に設けられた光透過性のセンサパターンSPA上に投影され、このセンサパターンSPAを通過した光束がその底面の光電センサPES1に入射している。ここでは、予めレチクルパターンRPAの投影光学系PL1による投影像がセンサパターンSPAと重なるように位置決めされている。また、レチクルパターンRPAの投影像とセンサパターンSPAとは形状、大きさがほぼ一致するように設計されている。ここで、投影光学系PL1の光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図9の紙面に平行にX軸を取り、図9の紙面に垂直にY軸を取る。

【0004】以上のような構成でウエハステージWS1を投影光学系PL1の光軸方向（Z方向）に移動しつつ光電センサPES1の出力信号Iをモニタすると、図9(b)の曲線L1に示される出力が得られる。なお、図9(b)において横軸はZ方向の位置zを、縦軸は光電センサPES1の出力信号Iを表す。レチクルパターンRPAの投影像とセンサパターンSPAとが結像関係になると、即ち、焦点位置にセンサパターンSPAが来たとき、レチクルパターンRPAを通過した光束はほぼ全てセンサパターンSPAを通過して、光電センサPES1の出力信号Iは最大となる。結像位置からずれるに従って、レチクルパターンRPAの像はセンサパターンSPA上で広がりを持ち、センサパターンSPAを通過する光束は少なくなり、そして光電センサPES1からの出力信号Iは小さくなる。このことより、出力信号Iが最大となるセンサパターンSPAの光軸方向の位置BF1が結像位置として検出される。

【0005】第2の方法は、例えば特開昭59-94032号公報あるいは特開平4-21110号公報に開示されているもので、これを図10を参照して説明する。図10は、従来の結像位置の検出方法の別の例を示すもので、図10(a)は投影露光装置の概略構成図、図10(b)～(d)はそれぞれウエハステージWS1の光軸方向への位置が z_1 、 z_2 、 z_3 の3点における光電検出手段からの出力信号の波形を示している。図10(a)に示す投影露光装置は、図9(a)の投影露光装置とほぼ同様の構成であるが、結像位置の検出のためウエハステージWS1をZ方向ではなく、投影光学系PL1の光軸に垂直で、図10(a)の紙面に平行な方向（X方向）に移動しつつ、光電センサPES1の出力信号Iをモニタし、これをウエハステージWS1の光軸方向の位置を変更しながら繰り返し計測を行う点で図9(a)の構成と異なっている。なお、図10(b)～(d)において横軸はX方向の位置xを、縦軸は光電センサPES1の出力信号Iを表す。

【0006】図10(b)～(d)に示されるように、Z方向の位置 z_1 及び z_3 では焦点位置からのずれが大きく、レチクルパターンRPAの像が結像位置から外れているため、曲線L2及びL4に示されるようになだらかなカーブになっている。一方、Z方向の位置 z_2 は焦点位置に近く、レチクルパターンRPAの像は鮮明なため、図10(c)の曲線L3に示されるようにコントラストの良いカーブとなる。これらの図10(b)～(d)の出力信号の最大値と最小値との差をそれぞれ $C_1 \sim C_3$ とする。

【0007】図10(e)は、これらの差 $C_1 \sim C_3$ をコントラストCとして光軸方向の位置 z との関係を表したものであり、横軸はZ方向の位置 z を、縦軸はコントラストCを表す。図10(e)において、曲線L5に示されるようにコントラストCはZ方向の位置BF2で最大となるなだらかな曲線を描く。ここで最もコントラストの高い位置BF2が結像位置として検出される。なお、コントラスト $C_1 \sim C_3$ の代わりにそれぞれの曲線L2～L4の立ち上がりの角度で比較する方法もある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記第1の方法では、レチクルパターンRPAの像とセンサパターンSPAとが厳密に重ならないと光電センサPES1に入る光量が減少し、信号のSN比が悪化し結像位置の検出の再現性が悪くなる。一般的にレチクルパターンあるいはセンサパターンは細いほど信号は敏感になり、且つ、実際の回路パターンと同一の線幅であることが望ましいため、レチクルパターンは通常投影光学系の解像力に近い微細な大きさに設計される。具体的に言えば、例えば半導体集積回路用の露光装置では、レチクルパターンの線幅は通常 $1\mu\text{m}$ 以下である。このため、一度厳密にパターンの位置合わせを行っても、時間が経つと装置のドリフト等で位置がずれる。また、レチクルの交換等によっても、レチクルの位置決め精度やパターンの描画精度の誤差により位置がずれるため、殆ど結像位置の検出毎にパターンの位置合わせが必要となる。このため、結像位置の検出に時間がかかり、露光工程のスループット(生産性)が悪化するという不都合があった。

【0009】また、通常位置合わせは、光電センサの受光部を投影光学系に垂直な平面内で移動し、光電センサの出力が最大となる点を探す方法で行われるが、これは結像位置検出に先立って行われるため、必ずしも光電センサの受光部は結像面に一致しない。その場合はレチクルパターンの像が鮮明とならず、精度良く結像位置が求められない不都合があった。

【0010】次に第2の方法では、焦点位置の検出に先立って厳密な位置合わせを必要としないが、ウエハステージWS1のZ方向の位置を変えて何回もスキャンしなければならず、スループットが低下する不都合がある。近年益々回路パターンの微細化が進み、感光基板を結像

位置へ更に高精度に位置合わせ(焦点合わせ)することが必要となっている。従来より、投影露光装置には例えば大気圧変化、投影光学系による露光光の吸収、あるいは照明方法(例えばコヒーレンスファクタである σ 値の変更、輪帯照明等)の変更等に伴う結像位置の変化を計算で予測し、結像位置を自動補正する機能が装備されているが、より厳密な焦点合わせを行うため、実測により結像位置を検出することも必要となる。回路パターンの微細化に伴い従来に比較して、より頻繁に実測による検出動作を行わなければならない、計測効率の悪い結像位置の検出法では対応できない。

【0011】本発明は斯かる点に鑑み、厳密な位置合わせを必要としないと共に、計測時間が短縮できる投影光学系の焦点検出方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明による焦点検出方法は、第1面(R)上のパターン(MP)の像を第2面(W)上に投影する投影光学系(PL)の焦点位置の検出方法において、その第1面(R)又は第2面(W)の一方の面側に配置された検出用パターン(RP)と、その第1面(R)又は第2面(W)の他方の面側に配置され、所定形状の受光部(SP)を有する光電検出手段(PES)と、を用い、その検出用パターン(RP)を照明し、その検出用パターン(RP)とその光電検出手段(PES)の受光部(SP)とをその投影光学系(PL)の光軸(AX)に平行に相対移動させると同時に、その検出用パターン(RP)とその光電検出手段(PES)の受光部(SP)とをその光軸(AX)に垂直な方向(X方向)に相対移動させて、その検出用パターン(RP)の結像光束をその受光部(SP)が横切るときその光電検出手段(PES)の検出信号を取り込み、この取り込まれた検出信号に基づいてその投影光学系(PL)の焦点位置を求めるものである。

【0013】この場合、その検出用パターン(RP)又はその光電検出手段の受光部(SP)の何れか一方をその光軸(AX)に平行に移動させると同時に他方をその光軸(AX)と垂直な方向に移動させてもよい。また、その検出用パターンの一例は、例えば図5に示すように、所定方向(X方向)に配列された1個又は複数のスリット状のパターン(38a, 38b, ...)からなり、その検出用パターンに対応するその光電検出手段(PES)の受光部の一例は、その所定方向に対応する方向に直交する方向(Y方向)に伸びたエッジ(42)を有するものである。

【0014】更に、その投影光学系(PL)が、照明光学系(AL, 11, 12, 13)により照明されたマスクパターン(MP)の像を感光基板(W)上に投影するために使用される場合、その検出用パターン(RP)をそのマスクパターン(MP)側に配置し、その照明光学系(AL, 11, 12, 13)によりその検出用パター

ン(RP)を照明してもよい。

【0015】

【作用】斯かる本発明の焦点検出方法によれば、検出用パターン(RP)と光電検出手段の受光部(SP)とを相対的に投影光学系(PL)の光軸(AX)に垂直な方向(X方向)と、その光軸方向(Z方向)に同時に走査しながら焦点位置を検出する。従って、従来の技術の第1の方法のように、投影光学系(PL)の光軸(AX)に垂直な平面内での位置合わせはそれほど厳密でなくてよく、Y方向の位置が正確であれば、結像位置の検出中にX方向に移動する範囲の中に検出用パターン(RP)の像と、光電検出手段(PES)の受光部(SP)とが一致する位置があればよい。従って結像位置の検出時に毎回厳密に位置合わせを行う必要がなく、迅速に結像位置の検出を行うことができる。

【0016】また、従来技術の第2の方法のように、繰返し投影光学系(PL)に垂直な平面内での移動を行う必要がないため、計測時間が短縮されている。また、検出用パターン(RP)又は光電検出手段の受光部(SP)の何れか一方を光軸(AX)に平行に移動させると同時に他方をその光軸と垂直な方向に移動させる場合には、検出用パターン(RP)と受光部(SP)とをそれぞれ1方向だけに移動させるので制御がしやすい。

【0017】また、検出用パターンとして、所定方向(X方向)に配列された1個又は複数のスリット状のパターン(RP2)を使用し、検出用パターン(RP2)に対応する光電検出手段(PES)の受光部として、その所定方向に対応する方向に直交する方向(Y方向)に伸びたエッジ(42)を有するもの(SP2)を使用する場合には、受光部(SP2)の受光面積を広くとることができるので、受光部(SP2)のパターンが形成しやすい。また、検出用パターン(RP2)の測定線幅によって光電検出手段(PES)の受光部のパターン形状を変えなくてよいという利点がある。

【0018】更に、その投影光学系(PL)が、照明光学系(AL, 11, 12, 13)により照明されたマスクパターン(MP)の像を感光基板(W)上に投影するために使用され、その検出用パターン(RP)をそのマスクパターン(MP)側に配置し、その照明光学系(AL, 11, 12, 13)によりその検出用パターン(RP)を照明するものである場合には、別途焦点位置検出用の照明系を設ける必要がない。

【0019】

【実施例】以下、本発明による焦点検出方法の一実施例につき、図1～図3を参照して説明する。図1は本実施例の焦点検出方法を適用するのに好適なステッパー型の投影露光装置の概略構成を示し、この図1において、露光用の光源である水銀ランプ、楕円鏡、コリメータレンズ、干渉フィルタ等からなる光源系ALから出た照明光ILはオプティカルインテグレータ(フライアイレン

ズ)11、開口絞り(σ 絞り)12、及びコンデンサーレンズ13を経由して光路折り曲げ用のダイクロイックミラー14に入射する。ダイクロイックミラー14ではほぼ直角に折り曲げられた照明光ILは、回路パターンMPが描かれたレチクルRをほぼ均一の照度で照明し、露光時にはレチクルR上の回路パターンMPの像が投影光学系PLを介してウエハW上に投影される。なお、図1は焦点位置検出時の状態を示すため、ウエハWは露光位置にはない。

【0020】なお、露光用照明光ILとしては、水銀ランプ等の輝線の他、例えばエキシマレーザ(KrFエキシマレーザ、ArFエキシマレーザ等)等のレーザ光、あるいは金属蒸気レーザ光やYAGレーザ光の高調波等を使用することができる。また、光源系ALには、上記光学部品の他、露光光を遮断するためのシャッタ、あるいはレチクルRを照明する光線の特性を切り換える照明条件切り換え装置等が備わっている。また、コンデンサーレンズ13の前には、不図示であるが、リレー光学系及びレチクルR上での照明領域を制限する可変視野絞り が設けられている。ここで、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図1の紙面に垂直にY軸を、図1の紙面に平行にX軸を取る。

【0021】レチクルRは、不図示の駆動系により光軸AXに平行な方向(Z方向)に微動可能で、且つ、光軸AXに垂直な平面(XY平面)内で2次元移動及び微小回転可能なレチクルステージ1上に真空吸着により保持されている。レチクルRには前述の回路パターンMPの他、その回路パターンMPの周辺に結像位置検出用のレチクルパターンRPが形成されている。また、レチクルステージ1のX方向、及びY方向の位置は、レチクルステージ1の周辺に配置されたレーザ干渉計(不図示)により例えば0.01 μ m程度の分解能で常時検出されている。

【0022】ウエハWはウエハステージWS上のウエハホルダー2に真空吸着により保持され、ウエハステージWSは駆動モータ7により、投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面(XY平面)内を移動出来るようになっている。このウエハステージWSをステップ・アンド・リピート方式により移動させて、レチクルRの回路パターンMPをウエハW上に露光する。また、ウエハステージWSは投影光学系PLの光軸AX方向(Z方向)に移動可能なZステージを有し、このZステージによりウエハWの表面が投影光学系PLの像面と一致するように移動することができる。

【0023】また、ウエハステージWSのZステージ上のウエハホルダー2に近接した位置には、レチクルパターンRPを透過した後、投影光学系PLを介してレチクルパターンRPの像を形成する結像光を受光するための所定形状のセンサパターンSPが形成されたガラス基板15が設置され、そのセンサパターンSPを透過する結

像光を受光する光電センサPESがそのセンサパターンSPの下部に配置されている。

【0024】ウエハステージWSのXY平面内の位置は、ウエハステージWSの周辺に配置されたレーザ干涉計6及びウエハステージWSの端部に設けられ、レーザ干涉計6からのレーザ光を反射する移動鏡5により高精度に測定される。なお、図1ではX方向用のレーザ干涉計のみ図示している。また、ウエハW（又はセンサパターンSP）のZ方向の位置は、投光系3及び受光系4よりなる、所謂斜入射方式の焦点位置検出系（以下、投光系3と受光系4とを併せて「斜入射光学系3，4」とも呼ぶ）で測定される。投光系3から射出される光線は、ウエハW上の感光剤を感光させない波長帯であり、ピンホールあるいはスリット像を光軸AXに対して斜めにウエハW上に投影する。受光系4は、ウエハWの表面が投影光学系PLの像面と一致するとき、ウエハWからの反射像の位置が受光系4内部のピンホールあるいはスリットと一致するように設計されている。ウエハWのZ方向の位置に対応する受光系4からの信号 I_z は、ステージコントローラ10に送られ、ステージコントローラ10はその信号 I_z に基づいて、ウエハWの表面が像面と一致するようにZステージを制御する。更に、受光系4の内部には光線をシフトさせるための平行平板（不図示）があり、投影光学系PLの像面変動があっても、ウエハWからの反射光が常に受光系4の像面でピンホール又はスリットと一致するように、この平行平板の角度を調節する構造となっている。

【0025】この斜入射光学系3，4は、Z方向の検出用センサの一例を示したもので、その他同様の機能を持つものとして、例えばスリット像の反射光の位置をラインセンサで検知する方式等があり、それらの方式により測定してもよい。また、本例の投影露光装置には、以上の機構に加えて、アライメント用の機構等が備わっているが、本実施例と直接関係がないため説明を省略する。

【0026】次に、本実施例の投影光学系PLの結像位置の検出機構につき詳細に説明する。上述のようにレチクルRの回路パターンMPの周辺部には、結像位置検出用のレチクルパターンRPが設けられている。このレチクルパターンRPは、通常本来の回路パターンMPの邪魔にならないようにストリートライン等の中に設けられる。また、前述のようにウエハステージWS上には、所定形状のセンサパターンSPが形成され、そのセンサパターンSPの下部にはこのセンサパターンを通過する光束を受光する光電センサPESが設けられている。このセンサパターンSPは光電センサPESの受光部とみなせるものである。

【0027】図3（a）及び（b）は、それぞれレチクルR上のレチクルパターンRP及びウエハステージWS上のセンサパターンSPを示し、この図3（a）に示されるように、レチクルパターンRPは、結像位置検出時

のスキャン方向に等間隔に並び、スキャン方向に垂直な方向に長い複数のスリット状の透過部30a～30fを遮光部31中に形成してなるライン・アンド・スペースパターンである。前記のように、ライン・アンド・スペースパターンは検出分解能を考えると細いほうが良く、且つ、実際の回路パターンの寸法に近いほどレチクルパターンRPの回折光の投影光学系PL内での光路が一致するようになるため、実際の回路パターンとレチクルパターンRPとの投影光学系PL内での光路差による影響を受けにくい。よって、レチクルパターンRPのスリット状の透過部同士の間隔は、投影光学系PLの解像度にできるだけ近く設定される。レチクルパターンRPの像は投影光学系PLを介し、ウエハステージWS上に設けられたセンサパターンSP上に結像される。

【0028】センサパターンSPは、図3（b）に示すように、遮光部33中に形成されたスキャン方向に垂直な方向に長い一個のスリット状の透過部32である。このセンサパターンSPは、通常レチクルパターンRPのセンサパターンSP上の投影像にほぼ等しい大きさで設計される。センサパターンSPの下には光電センサPESが設けられており、センサパターンSPを通過した光線はこの光電センサPESにより受光される。

【0029】なお、センサパターンSPと光電センサPESとの間に集光レンズを設けてもよく、光電センサを設置する十分な場所がウエハステージWS中になくときは、光ファイバー等で別の場所に設けた光電センサにリレーしてもよい。光電センサPESからの出力信号 I は、受光系4の出力信号 I_z と共に図1の結像位置検出系9に送られ、結像位置検出系9の内部で演算処理される。そしてこの演算処理の結果に基づき結像位置が検出される。なお、結像位置検出系9とステージコントローラ10とは主制御系8により制御される。

【0030】次に、本実施例における結像位置検出の動作の一例につき説明する。まず、図1において、ステージコントローラ10からの指令に基づきウエハステージWSを計測開始点に移動させる。ウエハステージWSのXY方向の位置を計測するレーザ干涉計6とZ方向の位置を計測する受光系4とを用い、測定中にレチクルパターンRPの投影像が全てセンサパターンSP上を通過し、且つ、Z方向では結像位置がほぼ測定中の中心にくると予想される位置へウエハステージWSを移動させる。なお、Z方向の計測を行う斜入射光学系3，4は投影光学系PLの光軸中心を検出しているため、センサパターンSPの面がXY平面に対して平行でない場合、センサパターンSPの受光位置とZ方向の斜入射光学系3，4の検出点における位置との高さが異なってしまうため、予めその2点間のZ方向の位置の差分を斜入射光学系3，4で測定しておき、結像位置計測の結果からその差分を考慮して結果を求める。

【0031】ウエハステージWSが計測開始点にきた

後、露光用の照明光を遮断しているシャッタを開き、回路パターン露光用の照明光 I_L によりレチクルパターン RP を照明する。このとき、レチクルパターン RP 以外の領域を光線が通過して不必要にウエハステージ WS、あるいは投影光学系 PL に光線が当たり、熱せられないように可変視野絞りにより露光範囲を制限しておくことが望ましい。シャッタが開いた後、ステージコントローラ 10 からの指令に基づき、ウエハステージ WS を X 方向に移動させるのと同時に、Z 方向にウエハステージ WS (Z ステージ) を移動させる。このとき、光電センサ PES からの出力信号 I と受光系 4 の出力信号は結像位置検出系 9 に並列に送られる。

【0032】図2は、光電センサ PES からの出力信号 I の波形を示すもので、横軸はパターン SP の X 方向の位置 x 及び Z 方向の位置 z 、縦軸は出力信号 I を表す。この図2において、実線で示される曲線 21 が光電センサ PES からの出力信号 I を示している。ウエハステージ WS が結像位置に近づくに従って出力信号 I の波形の振幅が大きくなり、離れるに従ってその振幅は小さくなり 0 に収束する。

【0033】破線で示される曲線 22 は、レチクルパターン RP の透過部の像とセンサパターン SP の透過部 32 とが一致したまま (つまり X 方向に移動せずに) センサパターン SP が Z 方向に移動したときの出力信号 I を示している。これは従来技術を説明した図9 (b) と同じ波形である。次に、一点鎖線で示される曲線 23 はレチクルパターン RP の間の遮光部 31 の投影像とセンサパターン SP とが一致しているときに Z 方向に移動したときの出力を示す。これは結像位置にレチクルパターン RP の像があるときは、遮光部のため光は光電センサ PES に達しないが、結像位置にないときは像が広がるため、遮光部周辺からの光が漏れだし、センサパターン SP を通過する光量が増えるためである。結像位置検出系 9 により、例えば出力信号 I の各ピーク点を結ぶ包絡線より曲線 22 と曲線 23 とを推定し、曲線 22 と曲線 23 との差分が最大となる点を結像位置 BF として求めることができる。

【0034】以上のようにして求めた結像位置 BF にウエハ W の表面が来るようにステージコントローラ 10 により制御する。なお、感光剤の厚み、特性等で測定値 BF に対して一定のオフセットが生じるときは、そのオフセットを乗せた位置にウエハ W の表面が来るように制御する。以上、本例の方法によれば、図2から明らかなように従来技術の第1の方法 (図9の方法) に比べ、X 方向に厳密な位置合わせを行うことなく信号の変化量が大きく SN 比の良い信号が得られる。これは、本例の方法により得られる利点の1つである。また、図10に示す従来技術の第2の方法と比較した場合、その第2の方法の各点のコントラスト C_1 、 C_2 、 C_3 は、その光軸方向 (Z 方向) の位置 z_1 、 z_2 、 z_3 における図2の曲

線 22 と曲線 23 との差分に一致する。つまり、従来の第2の方法と本実施例の方法とを比較した場合、信号の変化量としては同じものが得られる他に、本実施例の方法は1回のスキャンで第2の方法の図10 (e) に相当する情報が得られるという利点がある。

【0035】なお、本実施例では、照明光 I_L として回路パターン用の露光光を使用し、レチクルパターン RP として光透過性のパターンを使用したが、レチクルパターン RP として反射型のパターンを使用することもできる。この場合、ウエハステージ WS 側に光ガイド等で露光用の照明光を導いて投影光学系を介してレチクルパターン RP を照明し、レチクルパターン RP からの反射光を投影光学系 PL を介してセンサパターン SP 上に結像させ、センサパターン SP からの通過光束を光電センサ PES で受光して結像位置を求める。

【0036】以上、本例の基本的な方法を説明したが、更に精度良く結像位置を求めたい場合、上記の計測を複数回行い平均を取る方法がある。また、結像位置 BF 付近のみ更に細かくデータを取る方法もある。即ち、結像位置 BF の周辺でウエハステージ WS の Z 方向の移動速度を遅くし、データサンプリングする Z 方向の間隔を狭めてより密度の高いデータを取るものである。

【0037】また、X 方向の移動距離が実際は微小なため無視し得るが、センサパターン SP の XY 平面に対する傾斜により、移動中の Z 方向の計測を行う斜入射光学系 3、4 に測定誤差が生ずる場合は、予めその斜入射光学系 3、4 で計測して補正してやればよい。更に、レチクルパターン RP としては、パターンの方向による結像位置の差 (非点収差) を考慮して、複数方向のパターンを用意してもよい。また、レチクルパターン RP をレチクル R 上に複数設け、露光領域全域での像面を求め、ウエハ W の表面が平均的像面に合致するように制御してもよい。このために、例えばその全域にレチクルパターン RP を持つ像面測定専用のレチクルを用いる。また、センサパターン SP と光電センサ PES とを組み合わせた検出手段を複数設け、その複数の検出手段により同時に像面を計測するようにしてもよい。

【0038】次に、レチクルパターン RP とセンサパターン SP との別の例について、図4～図7を参照して説明する。なお、以下の例において、レチクルパターン及びセンサパターンのスリット状のマークの大きさ或いはそのスリット状のマーク同士の間隔は、前述の図3のレチクルパターン RP とセンサパターン SP との関係と同様に、投影光学系 PL の解像度にできるだけ近く設定される。

【0039】図4は、レチクルパターンとセンサパターンとの別の例を示し、図4 (a) はレチクルパターン、図4 (b) はセンサパターンを示す。この図4 (a) においてレチクルパターン RP 1 は、遮光部 35 中でスキャン方向に等間隔に並んだ複数のスキャン方向に垂直な

方向に長いスリット状の透過部34a～34fから構成されている。また、図4(b)に示すようにセンサパターンSP1も遮光部37中でスキャン方向に等間隔に並んだ複数のスキャン方向に垂直な方向に長いスリット状の透過部36a～36fから構成されている。

【0040】本例は、SN比を良くするため、レチクルパターンRP1もセンサパターンSP1も複数の透過部からなるパターンとしたものである。但し、この方式はX方向の位置によりレチクルパターンRP1の透過部とセンサパターンSP1の透過部との重なり数が異なるため、光電センサPESに入射する光量に変化するので、その分は補正を行う必要がある。

【0041】図5は、レチクルパターンとセンサパターンとの更に別の例を示し、図5(a)はレチクルパターン、図5(b)はセンサパターンを示す。この図5

(a)においてレチクルパターンRP2は、遮光部39中でスキャン方向に等間隔に並んだ複数のスキャン方向に垂直な方向に長いスリット状の透過部38a～38fから構成されている。また、図5(b)に示すようにセンサパターンSP2は、遮光部41中に形成され、スキャン方向と垂直な方向にレチクルパターンRP2のスリット状の透過部の投影像とほぼ同じ幅を持ち、且つ、スキャン方向の端部が直線状のエッジ42となった矩形の透過部40から構成されている。この透過部40のスキャン方向の幅はレチクルパターンRP2の投影像の幅より十分広くなっている。

【0042】この方法は、センサパターンSP2のエッジ42を利用する方法である。このレチクルパターンRP2とセンサパターンSP2とを用いてX方向にセンサパターンSP2をスキャンすると、光電センサPESに入射する光量はいわば積分された量として測定される。これを図8を参照して説明する。図8において、図8

(a)は光電センサPESからの出力信号Iの波形を示し、図8(b)は、図8(a)の出力信号IをX方向の位置xで微分した信号 dI/dx の波形を示す。なお、この図8(a)及び(b)において横軸はZ方向の位置z、及びX方向の位置xを表す。図8(a)の曲線24が光電センサPESからの出力信号Iを示している。ウエハステージWSが移動するに従って曲線24で示される出力信号Iは階段状に大きくなるが、ウエハステージWSが結像位置に近づくに従って階段の落差が大きくなり、離れるに従ってその落差は小さくなり0に収束する。

【0043】即ち、光電センサPESからは、図2の曲線21に相当する波形を積分した形で信号が得られるので、微分して図2の曲線21に相当する出力信号を得る必要がある。図8(b)の曲線25は、図8(a)の曲線24をウエハステージWSの位置xで微分したもので、図2の曲線21に相当する出力信号が得られている。従って、図2に関して述べたのと同様な方法により

結像位置を算出し、ウエハステージWSをZ方向でその結像位置に移動すればよい。

【0044】本例の方法によれば、演算処理が複雑になる面はあるが、センサパターンSP2の形状を一定にして種々の線幅のパターンを測定でき、且つ、センサパターンSP2が形成し易い利点がある。図6は、レチクルパターンとセンサパターンとの更に別の例を示し、図6(a)はレチクルパターン、図6(b)はセンサパターンを示す。この図6(a)においてレチクルパターンRP3は、遮光部44中に形成された一個のスキャン方向に垂直な方向に長いスリット状の透過部43から構成されている。また、図4(b)に示すようにセンサパターンSP3も遮光部46中に形成された一個のスキャン方向に垂直な方向に長いスリット状の透過部45から構成されている。

【0045】本例は、ウエハステージWSのスキャン方法に特徴があり、ウエハステージWSをX方向に往復移動しながらZ方向に連続移動して図2の曲線21に相当する波形を求めるものである。図7は、レチクルパターンとセンサパターンとの更に別の例を示し、図7(a)はレチクルパターン、図7(b)はセンサパターンを示す。この図7(a)においてレチクルパターンRP4は、遮光部48中に形成された一個のスキャン方向に垂直な方向に長いスリット状の透過部47から構成されている。また、図4(b)に示すようにセンサパターンSP4は遮光部50中でスキャン方向に等間隔に並んだ複数のスキャン方向に垂直な方向に長いスリット状の透過部49a～49fから構成されている。本例は、図3のレチクルパターンとセンサパターンとが逆になったものである。

【0046】以上の例は何れもセンサパターンSP側をX方向及びZ方向に移動させたが、レチクルパターンRP側を移動させても同様の結果を得ることができる。また、レチクルパターンRP側とセンサパターンSPとを共に移動させてもよく、例えばレチクルパターンRPをX方向に移動させながら、センサパターンSPをZ方向に移動させても同様の結果が得られる。また、レチクルパターンRP又はセンサパターンSPをX方向、Y方向、及びZ方向の3方向に同時に移動して走査するようにすることもできる。

【0047】以上のように、上記実施例の焦点検出方法は、位置決め精度が厳しくなく、且つ、測定時間の短い優れた結像位置の検出方法である。前記のように、投影露光装置等の装置には大気圧変化、温度変化を測定し、結像位置の変化を予め求めておいたパラメータに基づき計算して、斜入射光学系の受光系の平行平板の角度を自動的に調整し、結像位置からずれないようにする機構が備わっている。また、その装置の投影光学系に入射する露光光のエネルギー量に基づき、投影光学系の露光光吸収による焦点位置の変化を計算する機能も備わってい

る。

【0048】しかし、これらの機能はあくまで予測計算に基づくものであり、予め見込めなかった要因には対処できない。このため、上記実施例による結像位置の実測による検出方法と組み合わせることによりその機能を補えば更にその効果が発揮される。特に、露光光吸収は大気圧変化と異なり比較的速い変化のため、結像位置を頻繁に（例えば10分毎）検出しなければならないが、上記実施例による高速の結像位置の検出方法であれば併用することができる。このため、露光工程のスループットの向上だけでなく、装置全体としての精度向上にも貢献することができる。

【0049】また、上述実施例では、レチクルRの上部から照明を行っているが、例えば露光用の照明光を光ガイドを介してウエハステージWS内に導いて、その照明光でセンサパターンSPを底面側から照明し、その透過光で投影光学系PLを介してレチクルマークRPを照明し、その上部で受光してもよい。但し、レチクルマークRPを反射型として、レチクルマークRPでの反射光を、投影光学系PL、センサパターンSP、不図示のビームスプリッタを介して光電センサで受光してもよい。

【0050】なお、本発明の焦点検出方法は、ステッパ型の露光装置ばかりでなく、レチクルとウエハとを相対的に走査して露光するステップ・アンド・スキャン型露光装置にもそのまま適用することができる。このように本発明は上述実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0051】

【発明の効果】本発明の焦点検出方法によれば、検出用パターンと受光部とを2方向に相対的に1回走査するだけで、投影光学系の結像位置（焦点位置）の検出ができる。このため、厳密な位置合わせを行うことなく、短時間で高精度に結像位置の検出を行うことができる。従って、露光装置に適用した場合にスループットが向上すると共に、露光条件や照明条件の変化により投影光学系の焦点位置が変動し、焦点位置を頻繁に実測する必要がある場合等には特に有効である。

【0052】また、検出用パターン又は光電検出手段の受光部の何れか一方を光軸に平行に移動させると同時に他方をその光軸と垂直な方向に移動させる場合には、ステージ系の制御が容易で、ステージ系の構造を簡単にすることができる利点がある。また、検出用パターンとして、所定方向に配列された1個又は複数のスリット状のパターンを使用し、検出用パターンに対応する光電検出手段の受光部として、その所定方向に対応する方向に直交する方向に伸びたエッジを有するものを使用する場合には、受光部の受光面積を広くとることができるため、

検出用パターンの測定線幅によって光電検出手段の受光部のパターン形状を変えなくてもよく、且つ、受光部が形成し易い利点がある。

【0053】更に、投影光学系が、照明光学系により照明されたマスクパターンの像を感光基板上に投影するために使用され、検出用パターンをそのマスクパターン側に配置し、照明光学系により検出用パターンを照明するものである場合には、別途焦点検出用の照明系を設ける必要がない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例のステッパ方式の投影露光装置を示す構成図である。

【図2】図1の装置の光電センサからの検出信号の波形を示す図である。

【図3】レチクルパターンRP及びセンサパターンSPを示す拡大平面図である。

【図4】レチクルパターンRP1及びセンサパターンSP1を示す拡大平面図である。

【図5】レチクルパターンRP2及びセンサパターンSP2を示す拡大平面図である。

【図6】レチクルパターンRP3及びセンサパターンSP3を示す拡大平面図である。

【図7】レチクルパターンRP4及びセンサパターンSP4を示す拡大平面図である。

【図8】図5のレチクルパターンとセンサパターンとを使用して得られた光電センサからの検出信号の波形を示す図である。

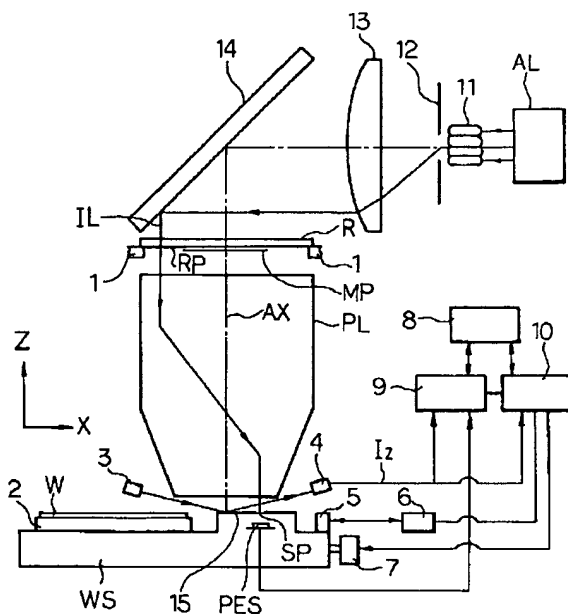
【図9】（a）は従来技術の説明に供する装置構成図であり、（b）はそれにより得られた光電センサからの検出信号の波形を示す図である。

【図10】（a）は他の従来技術の説明に供する装置構成図であり、（b）はそれにより得られた光電センサからの検出信号の波形を示す図である。

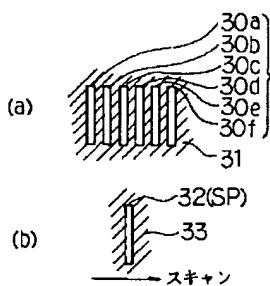
【符号の説明】

- 1 レチクルステージ
- R レチクル
- PL 投影光学系
- WS ウエハステージ
- W ウエハ
- PES 光電センサ
- RP レチクルパターン
- SP センサパターン
- 3 投光系（斜入射光学系）
- 4 受光系（斜入射光学系）
- 6 レーザ干渉計
- 9 結像位置検出系
- 10 ステージコントローラ

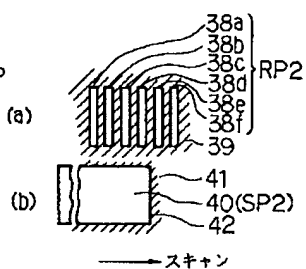
【図 1】



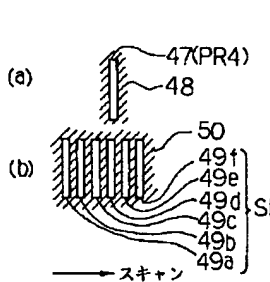
【図 3】



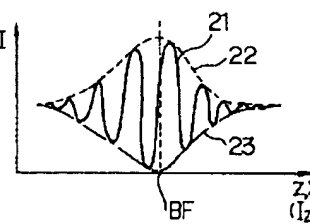
【図 5】



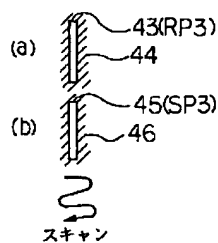
【図 7】



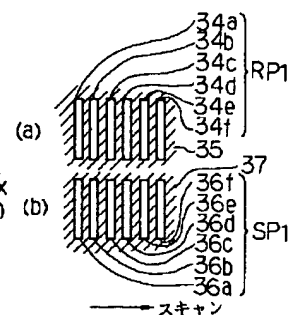
【図 2】



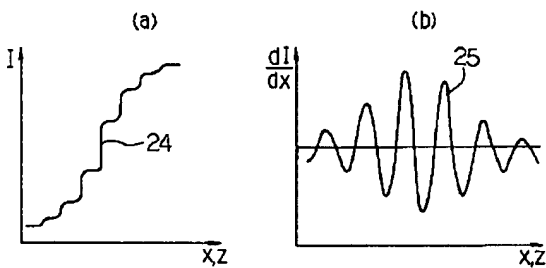
【図 6】



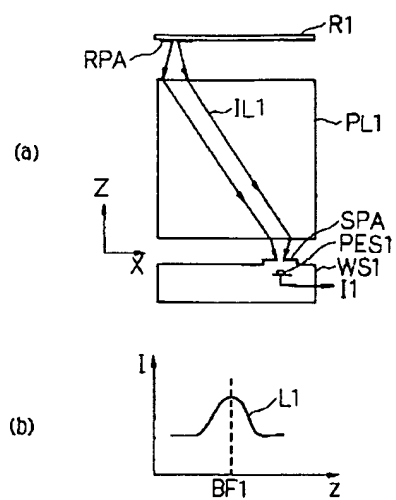
【図 4】



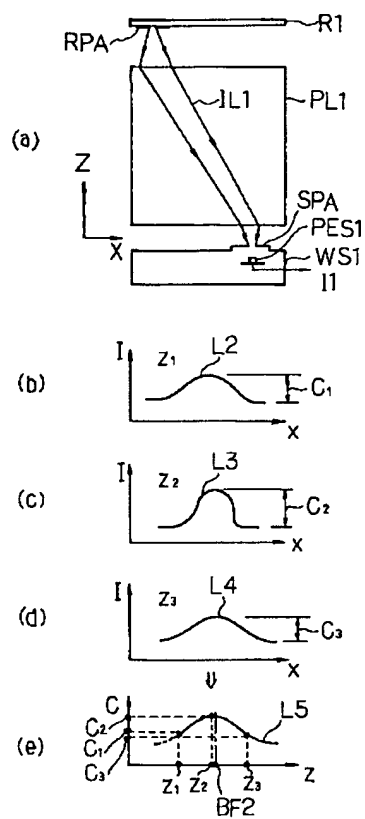
【図 8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. ⁶

G 0 3 F 7/207

識別記号

庁内整理番号

H

F I

技術表示箇所

G 0 3 B 3/00

A